

# РТСР Радиотехнические и Системы Телекоммуникационные Системы 3(51) 2023

Научно-технический журнал

Издаётся с января 2011 года

ISSN 2221-2574

## Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87).

## Издатель:

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (602264, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская, д. 23).

## Адрес редакции:

602264, г. Муром, ул. Орловская, 23.  
Тел.: 8 (49234) 77-2-32  
E-mail: articles@rts-md.com

Дизайн обложки: И.А. Миронова  
Компьютерная верстка: К.А. Якименко

ЛР 020228 от 8.10.1991 г.  
Подписано в печать 10.10.2023.  
Дата выхода в свет 24.10.2023.  
Цена свободная.  
Плр №020105 от 30.06.99.  
Тираж 100. Заказ №  
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 9,77.  
Бумага для множит. техники.  
Гарнитура TIMES.  
Печать ризография.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского 88.  
Тел.: 8(452) 24-86-33.  
E-mail: 248633a@mail.ru.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-45684 от 7 июля 2011 года)

## Редакционная коллегия:

**В.В. Ромашов**, д-р техн. наук, профессор (Муром)  
*(главный редактор)*  
**В.В. Костров**, д-р техн. наук, профессор (Муром)  
*(заместитель главного редактора)*  
**В.В. Булкин**, д-р техн. наук (Муром)  
*(заместитель главного редактора)*  
**С.Н. Жиганов**, к-т техн. наук, доцент (Муром)  
*(ответственный редактор)*

**В.А. Черепенин**, д-р физ.-мат. наук, академик РАН (Москва)  
**О.В. Горячкин**, д-р техн. наук, профессор (Самара)  
**А.Н. Детков**, д-р техн. наук, профессор (Москва)  
**В. Ерохин**, д-р физ.-мат. наук (Парма, Италия)  
**А.Л. Жизняков**, д-р техн. наук, профессор (Муром)  
**Д.О. Жуков**, д-р техн. наук, профессор (Москва)  
**Д. Зрнич**, PhD, (Норман, Оклахома, США)  
**Х. Кабакчиев**, д.т.н., профессор (София, Болгария)  
**В.К. Клочко**, д-р техн. наук, профессор (Рязань)  
**Б.В. Костров**, д-р техн. наук, профессор (Рязань)  
**В.И. Кошелев**, д-р техн. наук, профессор (Рязань)  
**А.С. Крюковский**, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)  
**Ю.В. Кулешов**, д-р техн. наук, профессор (С. Петербург)  
**В.И. Луценко**, д-р физ.-мат. наук, профессор (Харьков, Украина)  
**О.Р. Никитин**, д-р техн. наук, профессор (Владимир)  
**Ю.Н. Паршин**, д-р техн. наук, профессор (Рязань)  
**Ю.С. Радченко**, д-р физ.-мат. наук, профессор (Воронеж)  
**А.В. Рыжков**, к-т физ.-мат. наук, проф. (Норман, Оклахома, США)  
**В.А. Фурсов**, д-р техн. наук, профессор (Самара)  
**Г.Г. Щукин**, д-р физ.-мат. наук, профессор (С. Петербург)  
**И.В. Якименко**, д-р техн. наук, доцент (Смоленск)  
**Н.П. Ямпурин**, д-р техн. наук, профессор (Арзамас)

Журнал входит в перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук

Журнал включён в международную справочную систему «Ulrich's Periodicals Directory», INSPEC, РЖ ВИНТИ, Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), Google Scholar.

На сайте журнала: <http://www.rts-md.com> доступны полные тексты статей.

Подписной индекс 43760 в «Объединённом каталоге: Пресса России. Газеты и журналы»

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.



**ISSN 2221-2574**

**Founder:**

Federal state budgetary educational institution of higher education "Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs" (600000, Russian Federation, Vladimir, Gorkiy st., 87)

**Publisher:**

Murom Institute (branch) Federal state budgetary educational institution of higher education "Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs" (602264, Russian Federation, Vladimir region, Murom, Orlovskaya str., 23).

**Editors Office Address:**

602264, Russian Federation, Vladimir region, Murom, Orlovskaya st., 23.

**Tel.:** +7 (49234) 77-2-32

**E-mail:** articles@rts-md.com

Journal cover design: *I.A. Mironova*

Typesetting: *K.A. Yakimenko*

Printed from ready-to-print layout in

LLC "Amirit",  
410004, Saratov, Chernyshevskogo st., 88.

**Tel.:** +7(452) 24-86-33.

**E-mail:** 248633a@mail.ru.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR)

Certificate of registration Mass Media Press Information №FS 77-45684 from 7 July 2011

**The editorial board:**

**V.V. Romashov**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Murom)  
*(chief editor)*

**V.V. Kostrov**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Murom)  
*(deputy chief editor)*

**V.V. Bulkin**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Murom)  
*(deputy chief editor)*

**S.N. Zhiganov**, PhD in Engineering, Assoc. Prof. (Murom)  
*(managing editor)*

**V.A. Cherepenin**, Grand Dr. of Phys. and Math., Academician of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

**O.V. Goryachkin**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Samara)

**A.N. Detkov**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Moscow, Russia)

**V. Erokhin**, PhD, DSc (Parma, Italia)

**A.L. Zhiznyakov**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Murom)

**D.O. Zhukov**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Moscow)

**D. Zrnic**, PhD, (Norman, Oklahoma, USA)

**C. Kabakchiev**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Sofia, Bulgaria)

**V.K. Klochko**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Ryasan)

**B.V. Kostrov**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Ryasan)

**V.I. Koshelev**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Ryasan)

**A.S. Kryukovsky**, Grand Dr. of Phys. and Math., Prof. (Moscow)

**Y.N. Kuleshov**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (St. Petersburg)

**V.I. Lutsenko**, Grand Dr. of Phys. and Math., Prof. (Kharkov, Ukraine)

**O.R. Nikitin**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Vladimir)

**Yu. N. Parshin**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Ryasan)

**Yu. S. Radchenko**, Grand Dr. of Phys. and Math., Prof. (Voronezh)

**A.V. Ryzhkov**, PhD, Prof. (Norman, Oklahoma, USA)

**V.A. Fursov**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Samara)

**G.G. Shchukin**, Grand Dr. of Phys. and Math., Prof. (St. Petersburg)

**I.V. Yakimenko**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Smolensk)

**N.P. Yampurin**, Grand Dr. in Engineering, Prof. (Arzamas)

The Journal is included into the list of Russian journals indexed, in which the main scientific research findings from doctoral and candidate of science thesis must be published.

The Journal is included into international directory assistances «Ulrich's Periodicals Directory», INSPEC, Abstract Journal (AJ) VINITI, Russian Science Citation Index (RSCI).

The full texts of articles can be accessed at: <http://www.rts-md.com>.

Subscription code 43760 in «Union Catalogue: Media of Russia. Newspapers and Journals».

Reproduction of any portion of this publication is allowed only with prior written permission of the publisher.

## Содержание 3 Contents

<b>Дистанционное зондирование сред</b>		<b>Remote sensing of environment</b>	
<b>Жуков В.Ю. , Денисенков Д.А.</b>		<b>V.Yu. Zhukov, D.A. Denisenkov</b>	
О распределении амплитуды радиолокационных отражений от дождевых облаков	5	On the amplitude distribution of radar reflections from rain clouds	
<b>Белоусова О.В., Тимошенко Д.В., Куповых Г.В.</b>		<b>O.V. Belousova, D.V. Timoshenko, G.V. Kupovykh</b>	
Математическое моделирование электрической структуры турбулентно-конвективного приземного слоя	12	Mathematical modeling of the turbulent-convective surface layer electrical structure	
<b>Федосеева Е.В., Ростокин И.Н., Щукин Г.Г., Ростокина Е.А., Матюков М.А., Холодов И.Ю.</b>		<b>E.V. Fedoseeva, I.N. Rostokin, G.G. Shchukin, E.A. Rostokina, M.A. Matyukov, I.Yu. Kholodov</b>	
Нейронная сеть в задачах краткосрочного прогнозирования по результатам микроволнового радиометрического зондирования атмосферы	20	Neural network tasks for short-term forecasting according to results of microwave radiometric sounding of the atmosphere	
<b>Системы, сети и устройства телекоммуникаций</b>		<b>Systems, networks and devices of telecommunications</b>	
<b>Крейдик Е.Л.</b>		<b>E.L. Kreidik</b>	
Методика оценки временной скрытности средств радиосвязи при множественном доступе в сетях с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты	29	Temporal stealth estimation methods for radio communication aids with multiple access in frequency hopping systems	
<b>Уймин А.Г.</b>		<b>A.G. Uymin</b>	
Цифровые двойники сетевых инфраструктур: точность, методы и практические решения	44	Digital twins of network infrastructures: accuracy, methods and practical solutions	

## Формирование и усиление сигналов

**Якименко К.А., Ромашов В.В.,  
Докторов А.Н.**

Оптимизация спектральных характеристик гибридных синтезаторов частот на основе быстродействующих цифро-аналоговых преобразователей

53

## Signal generation and amplification

**Yakimenko K.A., Romashov V.V.,  
Doktorov A.N.**

Optimization of spectral characteristics of hybrid frequency synthesizers based on high-speed digital-to-analog converters

## Электродинамика и антенные системы

**Фёдоров В.С.**

Определение координат точки прицеливания антенны радиолокатора с синтезированием апертуры космического базирования

61

## Electrodynamics and antenna systems

**V.S. Fedorov**

Point position coordinates' determination for synthetic-aperture radar antenna of spacecraft

**Потапов А.А., Швачко А.А.**

Электронная температура и распределение пространственного заряда в газоразрядной плазме

68

**A.A. Potapov, A.A. Shvachko**

Electron temperature and space charge distribution in gas-discharge plasma

## Проблемы образования и подготовки специалистов в области радиотехнических и телекоммуникационных систем

**Макаров А.В., Романов Д.Н.,  
Жиганов С.Н.**

Комбинированные лабораторные работы в курсе «Метрология и радиоизмерения» студентов радиотехнического профиля

75

## Problems of education of specialists in the field of radio engineering and telecommunications systems

**A.V. Makarov, D.N. Romanov,  
S.N. Zhiganov**

Combined laboratory works in metrology and radio measurements for radio engineering students

**85 лет Г.Г. Щукину**

83

**G.G. Shchukin jubilee**

**Информация для авторов**

84

**The information for authors**